Aus der Chirurgischen Klinik in München
Vorstand: Professor Dr. Georg Magnus

Praktische röntgentherapeutische Messungen am Phantom über den Intensitätsabfall bei kleinen Feldern

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin

verfaßt und einer

Hohen Medizinischen Fakultät der Bayerischen Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Paul Spengruber

München 1939
Universitäts-Buchdruckerei Dr. C. Wolf & Sohn

Aus der Chirurgischen Klinik in München
Vorstand: Professor Dr. Georg Magnus

Praktische röntgentherapeutische Messungen am Phantom über den Intensitätsabfall bei kleinen Feldern

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin

verfaßt und einer

Hohen Medizinischen Fakultät der Bayerischen Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Paul Spengruber

München 1939
Universitäts-Buchdruckerei Dr. C. Wolf & Sohn

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Bayer. Ludwig-Maximilians-Universität zu München

Referent:
Professor *Dr. Georg Magnus*

Tag der mündlichen Prüfung:
22. XII. 1939, 8. I. 1940, 12. I. 1940

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Schon bald nach Röntgens Entdeckung im Jahre 1895 wurde die biologische Wirkung der Röntgenstrahlen erkannt und bereits ein Jahr später machte man den Versuch, sie als Medikament anzuwenden. Seitdem datiert die Röntgentherapie und so alt wie sie ist das Bedürfnis, diese Röntgenstrahlen zu dosieren.

Der Begriff der Dosis ist wohl zunächst bei der Verwendung von chemischen Heilmitteln angewandt worden. Als Dosis wird hier die Menge des Heilstoffes verstanden, die dem Körper einverleibt wird. Sie wird in Gramm bezw. in Kubikzentimetern ausgedrückt. Dabei wird im allgemeinen davon abgesehen, zu berücksichtigen, ob die ganze, dem Körper zugeführte Menge zu dem Heilvorgang verwendet wird oder ob ein mehr oder weniger großer Teil des Heilmittels unverändert, bezw. ohne zu dem Heilvorgang beigetragen zu haben, aus dem Organismus ausgeschieden wird. Die Menge des zugeführten Heilmittels wird rein empirisch mit dem biologischen Geschehen in Beziehung gebracht und auf diese Weise werden die Standarddosen festgesetzt.

Bei Verwendung physikalischer Heilmittel, im speziellen der Strahlen, ist das Heilmittel nicht an eine ponderable Materie gebunden, sondern stellt eine Energieform dar. Infolgedessen kann hier die Waage als Dosismeßgerät nicht herangezogen werden, sondern es sind besondere Verfahren zur Messung der zur Behandlung verwendeten Energieform erforderlich.

In der Röntgentherapie tritt uns zum erstenmal der Begriff der Dosis in exakterer Form entgegen. Der bekannte Röntgen-Physiker *Christen*, der eine klare Definition der Dosis nach dem Muster physikalischer Definition schuf, definierte die Dosis folgendermaßen: Die Dosis, die 1 ccm des bestrahlten Objekts erhält, ist nach ihm gleich der Differenz der eingestrahlten und der aus dem Objekt wieder heraustretenden Energie. Mit anderen Worten: Die Dosis der im Kubikzentimeter des bestrahlten Objektes absorbierten Strahlenenergie. Dabei schwebte ihm vor, diese Energie durch ein geeignetes Verfahren zu messen, wenn möglich, mit einem absoluten Energiemaß auszudrücken und die absolute Energieeinheit als Dosiseinheit zu wählen. So einfach und verlockend der *Christen*'sche Vorschlag erschien, so große Schwierigkeiten stellten sich der Realisierung einer exakten Messung der so definierten Dosis entgegen.

Obwohl zahlreiche Forscher, Ärzte wie Physiker, sich intensiv mit diesem Problem befaßten, konnte bisher kein praktisch brauchbares Verfahren der absoluten Dosismessung im *Christen*'schen Sinn geschaffen werden.

Die stetig an Bedeutung zunehmende Röntgentherapie verlangt dringender denn je für Praxis brauchbare Dosismeßverfahren, ohne die eine exakte und vergleichbare Anwendung des gefährlichen Heilmittels nicht denkbar ist. Es war daher naheliegend, daß man auf die absolute Dosismessung verzichtete und sich zunächst mit der relativen Dosismessung begnügte. Bei dieser Dosismessung wird als Prüfkörper des Verfahrens ein Stoff verwandt, der oder dessen Eigenschaft sich unter dem Einfluß der Strahlung meßbar verändert. Dieser Prüfkörper wird gleichzeitig mit dem zu bestrahlenden Körper auf dessen Oberfläche oder am Erfolgsorgan den Strahlen ausgesetzt. Die Messung wird in willkürlichen Einheiten ausgeführt und empirisch mit dem biologischen Geschehen in Beziehung gebracht. Ein derartiges Verfahren ist für die Klinik und die klinische Forschung in vielen Fällen durchaus brauchbar, wenn das Verfahren die erforderliche Empfindlichkeit und Reproduzierbarkeit besitzt. Diesen Weg, die applizierte Röntgenstrahlenmenge direkt zu messen, hat uns *Holzknecht* mit seinem Chromoradiometer im Jahre 1902 gewiesen.

Die Wirkung auf die Haut ist nämlich immer erst nach einer bestimmten Latenzzeit zu erkennen. Dagegen zeigen gewisse chemische Substanzen unter Einwirkung der Röntgenstrahlen eine Farbänderung, die sofort sichtbar ist.

Sowohl die Reaktion von seiten der Haut, wie auch die Verfärbung dieser chemischen Substanzen ist abhängig von der absorbierten Strahlenmenge.

Wenn auch das erste „chemische Radiometer", das Chromoradiometer sich als unbrauchbar erwies und von *Holzknecht* selbst zurückgezogen wurde, so basieren doch auf ihm alle späteren chemischen Dosimeter, von denen besonders die Sabourand-Noiré-Tabletten, Barium-Platin-Zyanür-Tabletten, die bei Einwirkung von Röntgenstrahlen braun verfärbt werden, und das Quantimeter von *Kienböck* in der Praxis Verwendung fanden. Bei dem quantimetrischen Verfahren von Kienböck wird die von der Haut absorbierte Strahlendosis nach der mehr oder weniger intensiven Schwärzung eines auf der Haut mitbestrahlten schwarz kuvertierten, Chlorbromsilber-Gelatinestreifens von bestimmter Empfindlichkeit durch Vergleich mit einer Normalskala abgeschätzt.

Köhler hat eine besondere Thermometerröhre herstellen lassen und benutzt die Erwärmung der Glaswand als Maß für die produzierte Strahlenmenge.

Von den elektrischen Meßapparaten hatte das Intensimeter von *Fürstenau* Verbreitung gefunden, dessen Konstruktion auf der Tatsache beruht, daß das Selen unter der Einwirkung der Röntgenstrahlen seinen elektrischen Widerstand ändert.

Ein großer und die Bearbeitung mancher wichtigen biologischen bzw. klinischen Frage undurchführbar machender Übelstand der genannten Verfahren ist die Abhängigkeit der Veränderung des Prüfkörpers von der Härte der Strahlen, die anderen Gesetzen gehorcht als das bestrahlte Objekt. Mit anderen Worten: Die Anzeige des Dosimeters geht nicht der biologischen Reaktion parallel bei Verwendung verschieden harter Strahlen. Wenn auch diesem Übelstand zum Teil durch eine empirisch gewonnene Korrektion abgeholfen werden konnte, so bedeutete es doch einen erheblichen Fortschritt, als in der Luft und deren Ionisation ein Prüfkörper gefunden wurde, dessen Veränderung im großen und ganzen dem biologischen Geschehen parallel geht. Das Ionisationsmeßverfahren, das in der Physik seit langem zur Relativmessung ionisierender Strahlen benutzt wird und weitgehend ausgebaut ist, übertrifft außerdem an Empfindlichkeit und Zuverlässigkeit die oben erwähnten Verfahren bei weitem. Durch zahlreiche Arbeiten wurde dann die Methode hinsichtlich ihrer Eignung als Dosismeßverfahren geprüft und zu der heute vorhandenen hohen Vollkommenheit ausgebaut. Der durch die Ionisation in dem Dosisgerät fließende elektrische Strom bzw. die durch die Ionisation in der Ionisationskammer überführte Elektrizitätsmenge wird in absoluten Einheiten der Ladung dargestellt und diese als Dosiseinheit gewählt. Die heutige international gültige Einheit für die Röntgenstrahlendosis, das „Röntgen" (r) ist also durch die ionisatorische Wirkung der Röntgenstrahlen definiert. Damit ist von internationalen Sachverständigen anerkannt worden, daß das Ionisationsverfahren das genaueste und beste zur Dosierung von Röntgenstrahlen ist.

Die Verbindung der physikalisch einwandfreien elektrostatischen Meßmethode mit der unmittelbaren Anzeige von „r" an einem Zifferblatt wurde durch das erstmals von *Hammer* vor 19 Jahren angegebene Meßprinzip ermöglicht, das auch anderen Versuchen zur Lösung dieser Aufgabe als Vorbild gedient hat. Es beruht darauf, anstatt einer einzigen Entladung einer großen Kapazität eine Folge von Ladungen und Entladungen, die jeweils nur einer bestimmten

Teildosis entsprechen, automatisch herbeizuführen und elektrisch zu registrieren.

Das Ziel des Praktikers ist es, eine bestimmte Röntgenstrahlendosis, die erfahrungsgemäß bei einer bestimmten Krankheit heilend wirkt, am Erfolgsorgan zu reproduzieren. Für den Praktiker ist es heute die Aufgabe der Dosimetrie, ein Strahlengemisch bestimmter Zusammensetzung und bestimmter Intensität während einer bestimmten Zeit einem bestimmten Krankheitsherde zuzuführen. Er dosiert also die Röntgenstrahlen nach Intensität, Härte und Zeit.

Die direkte Dosierung ist die zuverlässigste. Bei ihr wird während der Bestrahlung selbst dosiert. Bei Bestrahlung oberflächlicher Erkrankungen, bei Vaginal- und Rectalbestrahlungen läßt sich das Reagens des Dosimeters z. B. eine Fingerhutkammer, direkt an das Erfolgsorgan oder wenigstens ihm sehr nahe bringen. In der Mehrzahl aller anderen Fälle ist dies freilich nicht möglich. Dann muß man an einer anderen Stelle messen und das Intensitätsverhältnis der Röntgenstrahlen an dieser und am Erfolgsorgan kennen. Dieses Intensitätsverhältnis kann man am Phantom bestimmen. Mit Hilfe einer durch Messungen am Phantom aufgestellten Tabelle ist es möglich, bei direkter Mitmessung mit einem auf der Oberfläche aufgelegtem Dosimeter, tabellarisch die Strahlenmenge zu bestimmen, die ein in einer bestimmten Tiefe sitzender Krankheitsherd bei einer Röntgenbestrahlung von bestimmter Härte bekommt.

Die indirekte Dosierung ist weniger zuverlässig, aber am weitesten verbreitet. Bei der indirekten Dosierung wird die Dosis vor der Bestrahlung ermittelt und die Bestrahlung wird unter der Voraussetzung, daß die Betriebsbedingungen dieselben sind wie bei der vorangegangenen Dosismessung, allein nach der Zeit durchgeführt. Die Bedeutung dieser Methode beruht darauf, daß viele Krankenhäuser ohne Dosimeter arbeiten und deshalb auf die indirekte Dosimetrie angewiesen sind. Durch Tiefendosismessung am Phantom kann man den prozentualen Intensitätsabfall zwischen der Oberfläche des bestrahlten Körpers und einer bestimmten Herdtiefe tabellarisch feststellen. Mit Hilfe der Tabellen und nach vorausgegangener Messung der wirkenden Strahlenmenge der bestimmten Röntgenröhre auf der Oberfläche ist es möglich, die dem Patienten zu verabfolgende Dosis vor der Bestrahlung zu errechnen. Voraussetzung ist dabei, daß die bei der Messung vorhanden gewesene Intensität auch während der Bestrahlung des Patienten unverändert beibehalten wird.

Messen wir die Intensität einer Röntgenstrahlung bestimmter Härte einmal, indem wir eine Fingerhutkammer in bestimmten

Brennfleckabstand frei in Luft aufstellen, während wir das anderemal eine größere Menge Körpergewebe oder Reis unmittelbar hinter die Kammer bringen, so werden wir im letzteren Falle eine beträchtlich höhere Intensität feststellen. Die Ursache ist die, daß im zweiten Falle die Kammer durch die vom Körpergewebe bzw. Reis ausgehende Streustrahlung eine Streuzusatzstrahlung erhält, deren Wirkung zu derjenigen der Primärstrahlung hinzukommt. Eine solche an der Körper- oder Phantomoberfläche gemessene Dosis bezeichnet man als „Oberflächendosis".

Wenn wir eine Meßkammer in die Tiefe von Gewebe oder in die Tiefe eines Reisphantoms bringen, werden wir zu der Primärstrahlung ebenfalls die Streuzusatzstrahlung bekommen.

In den Tabellen ist für die Oberflächendosis der Zahlenwert 100 und für die Tiefendosis die darauf bezogenen Zahlenwerte gesetzt. Das Verhältnis der in einer bestimmten Tiefe gemessenen Tiefendosis zu der Oberflächendosis ergibt für die betreffende Stelle den Dosenquotienten in Prozenten der Oberflächendosis. Für das Verhältnis der Tiefendosis in 10 cm Tiefe zur Oberflächendosis nahmen *Seitz* und *Wintz* die Bezeichnung prozentuale Tiefendosis.

Der Dosenquotient in einer bestimmten Tiefe ist abhängig von der Entfernung der Strahlenquelle von der Oberfläche des bestrahlten Objekts, von der Absorption in diesem und von der Streustrahlung derselben. Lange Zeit hat man die Bedeutung der letzteren unterschätzt und deshalb geglaubt, man könne einen Dosenquotienten rein rechnerisch allein aus der Absorption und aus dem Brennfleckabstand unter Benutzung des quadratischen Abstandsgesetzes und des Absorptionskoeffizienten ermitteln. *Friedrich* und *Krönig* erkannten als erste den ungeheuren Einfluß der Streustrahlung. Dieser läßt sich auch heute noch nicht rechnerisch erfassen und so gilt auch heute noch der von ihnen aufgestellte Satz: „Eine Tiefendosis läßt sich nicht berechnen aus der Halbwertschicht und dem Abstandsgesetz. Läßt sich die Dosis in der Tiefe nicht durch Einführung der Meßkammer des Dosimeters direkt bestimmen, so bleibt als gangbarer Weg die Bestimmung der Dosis für die gewünschte Tiefe im Phantom bei Einhaltung möglichst derselben Bedingungen wie bei der therapeutischen Bestrahlung."

Die ersten Untersuchungen von *Krönig* und *Friedrich* und die Präzisionsmessungen von *Voltz, Holfelder, Holthusen, Bornhauser* und *Yaloussis* stellten Tabellen der Tiefendosis für den praktisch arbeitenden Röntgentherapeuten auf. Professor Dr. *L. Grebe* und Dr. *K. Nitzge* aus Bonn brachten in ihren „Tabellen zur Dosierung der Röntgenstrahlen" eine Zusammenfassung dieser Messungen, in-

dem sie das in der Literatur vorliegende Zahlenmaterial über die Dosierung der Röntgenstrahlen kritisch bearbeiteten und zusammenstellten. Ihre Tabellen über die Tiefendosis brachten diese zum erstenmal außer auf die Oberflächenintensität auch auf die Dosisleistung der Röhre bezogen und in Abhängigkeit von der Kupferhalbwertschicht dargestellt.

Die größte Schwierigkeit der Tiefentherapie besteht darin, daß der größte Anteil der Strahlung in den oberen Schichten absorbiert wird und in die Tiefe nur kärgliche Reste hinabdringen. Ein therapeutischer Erfolg in der Tiefe könnte nur mit schwerer Schädigung der darüberliegenden Gewebe erkauft werden.

Das Problem, dennoch hinreichende, therapeutisch wirksame Mengen von Röntgenstrahlen an tiefliegende Organe, unter Vermeidung von Schädigung der deckenden Gewebe, zur Absorption zu bringen, läßt sich außer durch die absolute Vermehrung der Strahlenpenetranz, durch Steigerung der Spannung und durch relative Vermehrung der Strahlenpenetranz, durch Verstärkung des Filters zum Abhalten der weichen Strahlen, am besten durch Angehen des Strahlenherdes von mehreren Seiten (Mehrfeldbestrahlung) lösen.

Der Intensitätsabfall bei der Bestrahlung tiefer Herde ist selbst bei harten Strahlen so groß, daß man, um die volle Strahlenmenge für diese Herde zu bekommen, immer mehr zur Mehrfeldbestrahlung übergegangen ist. Man greift dabei den Herd von mehreren Eintrittspforten im Kreuzfeuer an. Jedes der einzelnen Felder steuert einen Teil der erforderlichen Herddosis bei, bzw. die nächstgelegenen etwas mehr und die weiter entfernten entsprechend weniger. Die Eintrittspforten der Strahlenkegel brauchen umso weniger belastet werden, je größer die Zahl der Felder ist.

Da schon bei der Bestrahlung von kleinen Krankheitsherden die vorhandenen Tabellen, auch die von *Grebe* und *Nitzge*, die als kleinstes Feld 50 qcm in ihren Tabellen führen, nicht mehr ausreichen, so besteht das Bedürfnis, diese Tabellen für die Mehrfeldbestrahlung bei stehender Röhre und insbesondere bei pendelnder Röhre (Kohler) für kleine Felder zu ergänzen. Bei diesen beiden Bestrahlungsarten verwendet man kleine Felder, um bei größtmöglicher Schonung der Oberfläche dem in der Tiefe sitzenden Herd, bei öfterem Wechsel der Strahleneintrittspforte die zur Heilung nötige Strahlenmenge zu geben. Dies macht natürlich eine tabellarische Aufstellung der Tiefendosis auch bei kleineren Feldern als 50 qcm nötig.

Zur Messung dieser Felder bedient man sich einer kleinen Ionisationskammer. Da man nur ausnahmsweise die Messungen am Kranken selbst durch vaginale oder rectale Einführung der Kammer ausführen kann, nimmt man für die Messungen ein Phantom. Als Phantom dient ein Medium, das den gleichen Schwächungskoeffizienten aufweist wie Gewebe, z. B. Reis, Wasser oder Paraffin. In letzter Zeit wurde das Reisphantom viel verwendet, da es ebenso wie Wasser gestattet, in jeder beliebigen Tiefe und an jedem beliebigen Punkt Messungen auszuführen, und Reis als ein organischer Stoff mit seinem Gehalt an Kohlenstoff, Sauerstoff und Wasserstoff dem Körpergewebe sehr nahe kommt. Die Messung der prozentualen Intensitäts-Schwächungskurve in der Tiefe wurde so ausgeführt, daß zunächst an der Oberfläche des Phantoms (Kammerachse in Höhe der Oberfläche, siehe Abb. 2), sodann von 20 cm Tiefe an zentimeterweise nach oben mit je einem Zentimeter Abstand gemessen wurde, bis man wieder an der Oberfläche des Phantoms war und diese letzte Messung mit der ersten, die als 0 cm Tiefe in der Tabelle angegeben ist, als Kontrolle über die gleichgebliebenen Bedingungen bei der Messung vergleichen kann.

Für die Messung wurde als Phantom ein mit Reis gefüllter Holzkasten von 13,5 cm × 13,5 cm × 28 cm Inhalt gewählt. 13,5 qcm als Grundfläche wurde deshalb genommen, weil durch die Länge des Meßkammerstiels die Meßkammer sich dann genau im Mittelpunkt der Grundfläche befand. Die durch ein verschiebliches Brett bis in die Mitte des Reises hineinragende Meßkammer war an einem dabeistehenden Stativ verstellbar befestigt. Auf dem verschieblichen Brett war in Höhe der Kammerachse eine Marke angebracht, mit deren Hilfe und mit einem an dem Kasten befestigten Maßstab jeweils die genaue Tiefe, in der die Meßkammer versenkt war, abgelesen werden konnte. Durch den Gebrauch einer Wasserwaage wurde die aufeinander genau senkrechte Einstellung von Röhre, Kasten und Dosimeter ermöglicht.

Zur Erzeugung der Röntgenstrahlen wurde eine Siemens-Reininger-Therapie-Doppelwandröhre (Stabilovoltanlage, Greinacherschaltung) verwendet. Die Strahlung wurde so gefiltert, daß die Gesamtfilterung etwa 0,75 mm Cu entsprach. Die Primärspannung wurde an einem Voltmeter ständig kontrolliert. Die Konstanz der Röntgenstrahlenemission wurde durch die Beobachtung des Milliampèremeters und durch eine wellenlängenunabhängige Ionisationskammer (Hammerdosimeter), die im Strahlengang zentral angebracht war, geprüft.

Versuchsanordnung.

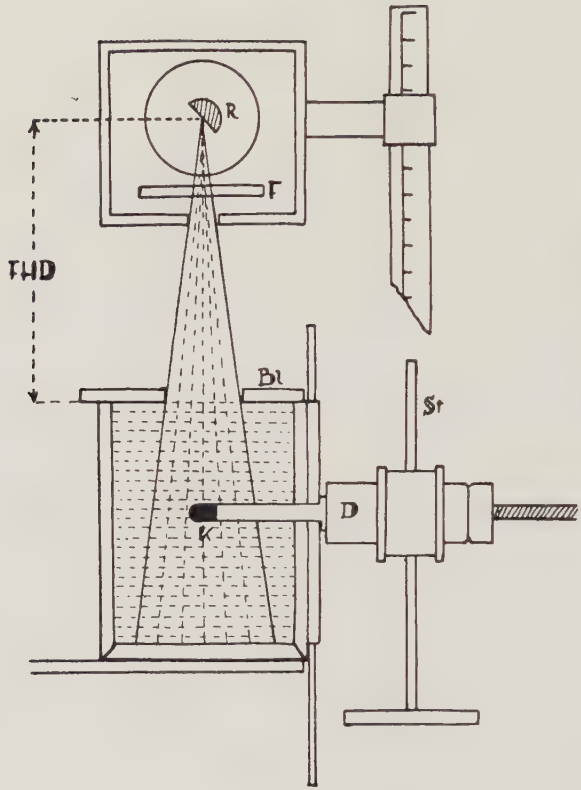
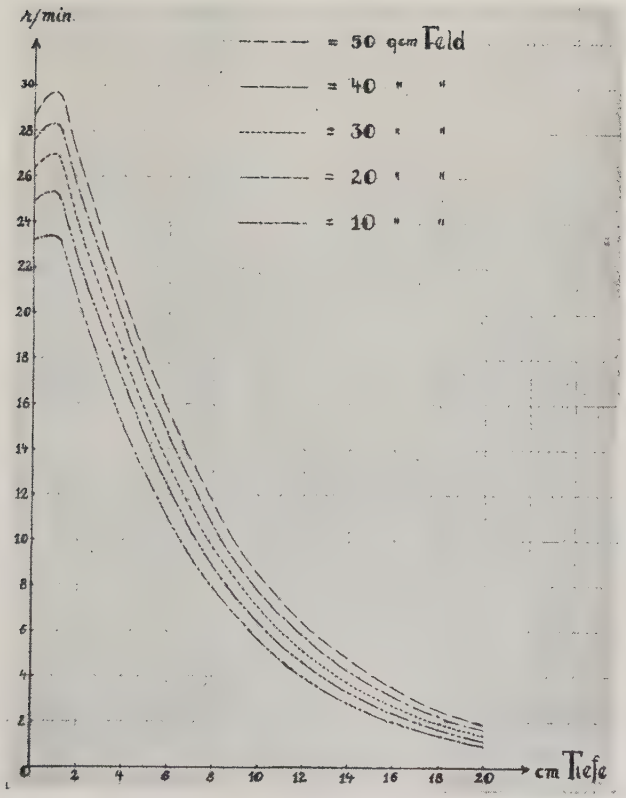


Abb. 1.

R: Röntgenröhre
F: Filter
FHD: Fokushaut-abstand
Bl: Bleiblende
K: Kammer
St: Stativ
D: Dosimeter

Abb. 2.


r/min
= 50 qcm Feld
= 40 " "
= 30 " "
= 20 " "
= 10 " "
30
28
26
24
22
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
0
2
4
6
8
10
12
14
16
18
20
cm Tiefe

Die Feldgrößen auf der Oberfläche des Phantoms wurden mit Hilfe der am Röntgentubus befindlichen, verstellbaren Blende eingestellt. Um die als Halbschatten störende Nebenstrahlung auszuschalten, wurden die Felder auf der Oberfläche des Phantoms mit Bleiplatten eingerahmt.

In Anlehnung an die Tabellen von *Grebe-Nitzge* wurde die Halbwertschicht in Kupfer festgestellt. Bei einem zwischen Röhre und Dosimeter angebrachten Kupfer-Filter verschiedener Dicke wurde 1,21 mm Cu als Halbwertschicht ermittelt.

Der r/min.-Zufluß in Luft bei 50 cm Fokusdosimeterabstand war 35,5 r/min.

Für den Fokusphantomoberflächenabstand war, wie er bei der Röntgenbestrahlung am häufigsten ist, 60 cm gewählt.

Als Nullstellung, bzw. Hautoberfläche war bei der Messung die Oberfläche des mit Reis vollständig gefüllten Kastens gewählt. Spannung und Stromstärke wurden in der am Gerät üblichen Größenanordnung (190 KV und 15 MA) gewählt.

Die bei der Messung gefundenen und in der Kurve aufgezeichneten Werte zeigen den r/min.-Zufluß am Phantom bei 60 cm FHD und bei einem bestimmten r/min.-Zufluß in Luft (hier 35,5 bei 50 cm FHD) an.

Um aber diese Meßergebnisse für jeden beliebigen r/min.-Zufluß in Luft zur Errechnung der jeweiligen Tiefendosis gebrauchen zu können, haben *Grebe-Nitzge* in ihren Tabellen das Verhältnis des r/min.-Zuflusses im Phantom zu dem r/min.-Zufluß in Luft bei 50 cm FHD in Prozenten angegeben:

$$\frac{100}{I} \cdot r = i$$

I = der jeweilige r/min.-Zufluß in Luft bei 50 cm FHD,
r = der r/min.-Zufluß im Gewebe,
i = das in der Tabelle aufgeführte prozentuale Verhältnis der beiden Werte r und i.

Mit Hilfe der unter „i" aufgeführten Zahlen ist es möglich mit einem, an einer beliebigen Röntgenröhre festgestellten r/min.-Zufluß in Luft die jeweilige Tiefendosis ohne Dosimeter nur mittels der Tabelle mit Hilfe oben angegebener Formel festzustellen.

In Anlehnung an diese Tabellen wurde auch bei dieser Messung das „i" ausgerechnet und tabellarisch angegeben.

Die zweite Zahl „p" gibt die Intensität in Prozenten der Oberflächenintensität an, gestattet also in der üblichen Weise den prozentualen Abfall der Dosis in der Tiefe abzulesen.

Bei den Messungen hat sich gezeigt, daß unmittelbar unter der Oberfläche die Intensität infolge des größer werdenden Streuzusatzes zunächst etwas zunimmt, um dann rasch abzunehmen.

HWS Cu. 1,21 mm

Tiefe	Feldgrößen in Quadratzentimetern									
	50		40		30		20		10	
	i	*p*	i	*p*	i	*p*	i	*p*	i	*p*
0	81,0	*100,0*	78,0	*100,0*	74,3	*100,0*	70,0	*100,0*	65,2	*100,0*
1	83,8	*103,5*	80,0	*102,6*	75,8	*102,3*	71,2	*101,7*	66,0	*101,2*
2	75,2	*92,6*	71,4	*91,5*	67,0	*90,2*	62,5	*89,5*	57,6	*88,4*
3	66,2	*81,7*	63,0	*80,8*	59,0	*79,3*	55,0	*78,5*	49,6	*76,0*
4	58,2	*71,7*	55,0	*70,5*	51,3	*69,0*	47,6	*68,0*	42,3	*65,1*
5	50,8	*62,8*	47,6	*61,0*	44,0	*60,0*	40,9	*58,4*	36,4	*55,7*
6	44,3	*54,6*	41,4	*53,1*	37,8	*52,2*	34,7	*49,7*	31,0	*47,8*
7	38,3	*47,3*	35,5	*45,5*	32,4	*43,0*	29,5	*42,1*	27,2	*40,8*
8	33,0	*40,8*	29,9	*38,4*	27,4	*36,8*	25,0	*35,7*	22,4	*34,2*
9	28,1	*35,0*	25,4	*32,6*	23,4	*31,1*	21,1	*30,2*	18,9	*29,1*
10	24,0	*29,6*	22,0	*28,3*	19,9	*26,8*	18,0	*25,8*	15,9	*24,4*
11	20,8	*25,5*	18,9	*23,9*	16,9	*22,8*	15,2	*21,8*	13,4	*20,9*
12	18,2	*22,5*	16,2	*21,0*	14,5	*19,6*	13,0	*18,7*	11,3	*17,4*
13	15,5	*19,0*	14,1	*18,0*	12,4	*16,6*	11,0	*15,9*	9,5	*14,8*
14	13,5	*16,5*	12,0	*15,5*	10,6	*14,2*	9,3	*13,3*	7,9	*12,2*
15	11,6	*14,0*	10,3	*13,2*	9,0	*12,0*	7,9	*11,2*	6,6	*10,3*
16	9,9	*12,0*	8,7	*11,2*	7,6	*10,4*	6,6	*9,5*	5,6	*8,8*
17	8,5	*10,2*	7,5	*9,4*	6,5	*9,0*	5.6	*8,0*	4,7	*7,2*
18	7,1	*8,7*	6,3	*8,2*	5,5	*7,8*	4,8	*6,8*	4,0	*6,0*
19	6.3	*7,9*	5,4	*7,1*	4,6	*6,6*	3,9	*5,5*	3,3	*5,1*
20	5,4	*6,6*	4,7	*6,0*	3,9	*5,2*	3,2	*4,6*	2,8	*4,4*

Zusammenfassung.

In vorliegender Arbeit wurde durch Messungen an einem selbst zusammengestellten Reis-Phantom und unter Verwendung eines Hammer-Dosimeters Kurven und Tabellen wiedergegeben, die sich auf kleine Einfallsfelder von 50 qcm, 40 qcm, 30 qcm, 20 und 10 qcm beziehen.

Die Messungen ergänzen die Tabellen von *Grebe* und *Nitzge*.

Weiter wurde festgestellt, daß auch bei kleinen Feldern, insofern ein FHD von 60 cm verwendet wurde, ebenfalls ein Dosenanstieg dicht unter der Oberfläche stattfindet.

Zum Schlusse dieser Arbeit ist es mir eine angenehme Pflicht, Herrn Oberarzt Dr. *Kohler*, Leiter der Röntgenabteilung der Chirurgischen Klinik in München und Herrn Dr. *Günsel* für die freundliche Überlassung des Themas und für die zur Verfügungstellung einer Röntgenröhre für die Messungen sowie für die freundliche Unterstützung bei der Ausarbeitung derselben meinen verbindlichsten Dank auszusprechen.

Literatur

Kohlmann: Kurzes Handbuch der gesamten Röntgendiagnostik und Therapie. Verlag S. Karger, Berlin 1928.

Strahlentherapie: Zeitschrift der Deutschen Röntgengesellschaft und der Deutschen Gesellschaft für Lichtforschung. Verlag Urban und Schwarzenberg Berlin/Wien. Bd. 20, 21, 30, 34, 45, 46, 63.

— Arbeiten des Instituts für Strahlenforschung der Universität Berlin.

Dr. H. E. Schmidt und *Dr. A. Heßmann:* Röntgentherapie. Verlag August Hirschwald, Berlin 1920.

H. Holfelder, Holthusen und *O. Jüngling:* Ergebnisse der medizinischen Strahlenforschung. Verlag Georg Thieme, Leipzig 1925.

Dr. S. Glasscheib: Allgemeine Röntgenkunde. Verlag Julius Springer, Wien 1936.

Prof. Dr. L. Grebe und *Dr. phil. K. Nitzge:* Tabellen zur Dosierung der Röntgenstrahlen. Verlag Urban und Schwarzenberg, Berlin/Wien 1930.

Seitz und *Wintz:* Unsere Methode der Röntgentiefentherapie. Verlag Urban und Schwarzenberg, Berlin/Wien 1920.

Lebenslauf

Ich wurde in München am 22. Januar 1915 als Sohn des Rechtsanwalts Fritz Spengruber und Frau Auguste geb. Konrad, geboren. Von 1921 bis 1925 besuchte ich die Volksschule an der Schulstraße. 1925 kam ich in das Ludwigsgymnasium zu München und blieb dort während der ersten drei Klassen. Von 1928 bis 1934 war ich am Neuen Realgymnasium in München, an welcher Schule ich 1934 absolvierte. Im Sommer 1934 war ich im Arbeitsdienst in Weilheim. Im Wintersemester 1934/35 kam ich an die Ludwig-Maximilian-Universität nach München, bestand dort im Herbst 1935 mein Vorphysikum und im Frühjahr 1937 mein Physikum. Im Sommer 1939 meldete ich mich zur Ablegung der ärztlichen Prüfung an derselben Universität. Infolge Ausbruchs des Krieges erhielt ich meine Bestallung als Arzt ohne Ablegung der Prüfung. Augenblicklich befinde ich mich bei einer Sanitätskompanie in München.